單元化精密溫室設計構想

梁亞忠、郭幸榮
台灣大學森林系

摘　　要

本文目的乃從經濟觀點提出單元化精密溫室設計構想，討論適合之控制模式及具層級的硬體架構，使溫室系統具可擴充的特性，並建議以商品化組件作爲系統設計的元件，提升溫室系統未來更新配備的功能。

The Designing of Unit Greenhouse

Ya-Chung Liang　Shing-Rong Kuo
Department of Forestry, N.T.U.

Abstract

This study is to suggest the framing of designing an unit greeenhouse bas ed on the economic point of view, and to propose the optimum control and model and stratified hard-ware framework, in order to increase the expansibility of greenhouses. In addition, it will recommend the utilization of commercialized componenets as units of system design, and elevate the renewing ability of greenhouse system.

一、前　　言

環境控制在林木生理生態研究上有其實際的應用價值，因為林木之遺傳特性尚未如農藝或園藝作物般經人為篩選、馴化(acclimation)，且諸多樹種之分布環境差異甚鉅，育林學家不太可能在各樹種分布地點進行試驗，故環控溫室或人工氣候室(phytotron)的設備自為林學研究上所必需。

對環控條件的本質上，因各因子變化範圍較大，致對環控設備之微環境調節能力之要求較一般設施園藝或農藝的要求甚或更高，而不僅是控制精度上的要求而已。

另自動化前後的經濟性損益比較，須作客觀性評估，才能決定自動化的程度(王鼎盛　1988)。台灣林業的發展，目前為公益性目標大於經濟利益目標，故大額經費投資於環控設施之可行性較小，啓發了自行製作溫室環控的設計研究，利用微電腦配合感測器設計具回授(feed back)功能的控制系統，進行溫室環境之控制，並自行製作溫度、光度、土壤水分與相對濕度感測器，配合控制軟體編寫，進行時序與條件之序控(sequence control)，因而產生此設計構想(梁亞忠、郭幸榮　1991)。

二、設計目的與方針

本文乃提出模組化設計、標準化規格之設計構想，除達到合理成本需求外，並希望由標準模組的設計提供未來成品的組合彈性與穩定性。

由於配合植物生理生態試驗所設置的精密溫室或人工氣候室，其硬體結構設施所需之經費，往往形成研究單位的沉重負擔，溫室結構體所需之場地與建設費用於辛苦籌措後，若自國外引進全套控制系統，

往往因環境條件差異太大而未能發揮預期功能，而後續的改善措施又受限於既有之軟硬體系統架構，故本文由模組化的設計觀念，提出單元化的溫室設計構想，希望能達到節省空間需求，同時，溫室之功能配備更新不必受限於硬體房舍之限制，標準化施工及安裝品質控制容易。

彈性的配備選擇，主要觀念是延續上述構想。在每個單元溫室中，將包含完整之功能配備，如訊號輸出入埠、感測器及輸出控制元件，其所配備之感測器及輸出控制元件種類，可視所需選取。

此外，本文另一設計構想爲利用現有商品化組件進行系統架構之建立與整合，不須投入開發工作。此觀點乃以生命科學研究單位爲出發點，如同研究室建立之初，其著眼點在研究設備的正確選取與研究工作的順利展開。故對感測技術或控制介面硬體的技術研發，是置放於行有餘力再行投入。至於設施自動化的應用，則有賴於自動化工業的發展，配合現有之感測工藝與自動化工業成果，以達到與之共進乃吾人所期盼的。

軟體控制系統應完全掌握自主性，除硬體設施上的專業技術外，控制系統程式應自行研發，才能使控制軟體發揮其特性與彈性。因一般由外國引進之控制系統，在後續的控制程式維護上，往往因牽涉商業機密，各周邊元件參數特性、輸出入埠及系統位準訊號調整的技術手冊資料並不完備，致使用者之利用彈性降低。所以各組件的整合技術應自行研究，才能掌握控制軟體研發的基礎，控制軟體同時應提供工具箱(tool box)之模組化巨集程式，供系統設計與維護之用。

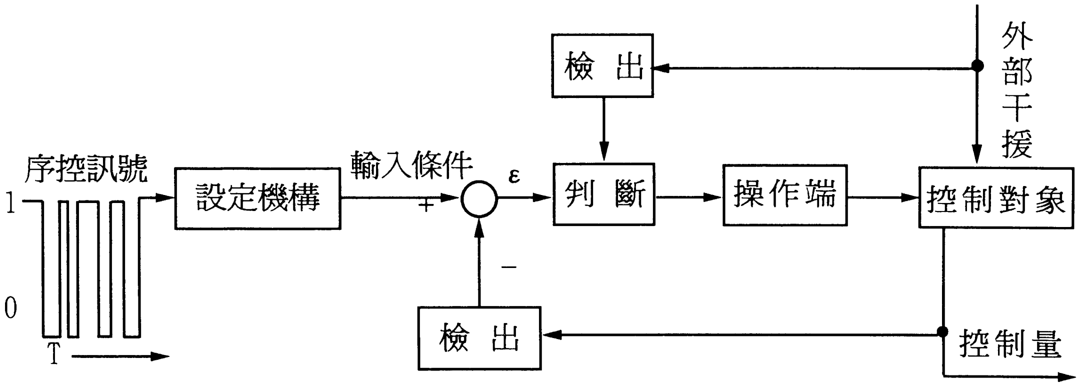
三、設計構想

控制系統之規模乃視需求而定。自動控制理論之分析，能對系統特性有所瞭解，因而對控制軟體的編寫有所助益。實際系統設計製作

時，仍須考慮系統硬體架構之規劃，對日後系統操作、維護，與試驗資料的信賴度及處理保存較能配合實際所需。本單元化溫室設計之構想爲硬體及記錄資料處理上能有層級（level）的架構，不僅在硬體結構上予以模組化，同時於試驗期間所收集之資料，處理上亦能模組化。除可減輕主控系統負擔，使系統未來之擴充更具彈性外，並提供試驗資料保存之安全性。

1. 控制模式

自動控制系統之設計理論與硬體架構，坊間的自動控制相關書籍中多有介紹，其系統方塊圖如圖一所示。



圖一、控制系統之組合（梁亞忠、郭幸榮 1991)

圖一對各細部元件仍未標示完全。檢出單元中應包含所使用之各型式感測器方塊圖；操作端乃指各控制輸出單元，如風扇、水閥、照明設施等等。控制對象爲溫室內微環境因子，如氣溫、濕度、光照等等；判斷部分乃指控制邏輯，而設定機構則是將序控訊號編碼設定入控制邏輯內。

由於自動控制理論中，對異種系統等效處理，圖一控制系統方塊圖爲一通式表示法。如將其定義爲一溫室控制系統，則其所面臨的第一個問題就是控制理論的模式問題。因爲溫室內關於能量調蓄

的介質是以流體爲主，其間尙包含生物性因子。如空的溫室和滿佈植栽的溫室，因植物蒸發散作用（evapotranspiration）與植物體本身生物性材料特性，在溫室內對能量流動與調蓄的功能自然產生不同的影響，屬非線性的耗散結構系統（dissipative structure system）。因此自與以明確數值的數學式記述，或以明確資訊考慮回授作用，並利用轉移函數判別之物理方法所形成之一般控制理論模式並不相同。較爲實際使用的方式，可能是以”經驗法則”進行試誤法的模式建立。

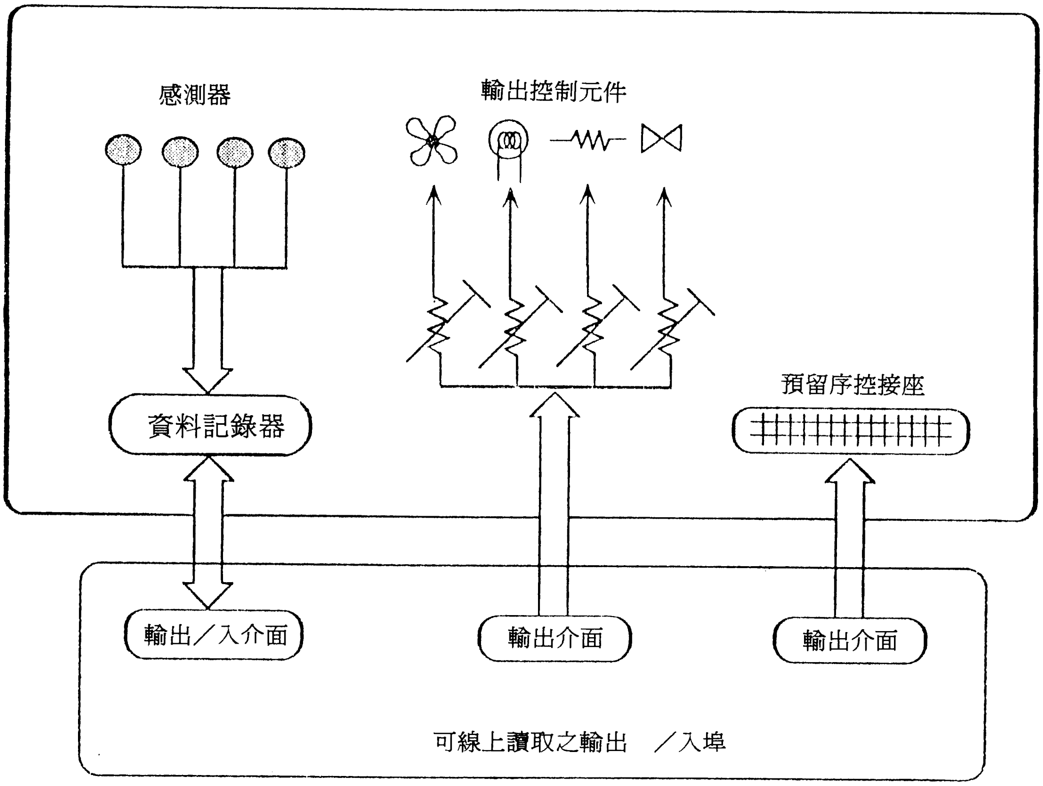
由於上述原因，圖一所示各系統方塊之基本元件特性，與方塊間轉移函數的建立，自有其困難之處。而進一步對元件之反應（response）特性，與全系統的安定性及質的評估，只能靠時間的測試與調整。

前述經驗法則模式，其觀念上與模糊（fuzzy）控制理論有些相似。不過模糊控制中，並未有一明確的系統控制模式，其LC（linguistic control）法則的建立，實際上也是依賴資深系統操作人員之控制經驗編列法則，但並非只仰賴專家，其數學基礎可由凸函數分析與統計學中分布函數的期望值觀念導入。模糊控制對於非線性系統之處理爲較理想的方法（中國生產力中心 1992；馮德益、樓世博 1991；蓋壚 1991））。所以，一個完整的控制系統並不是只有硬體技術的研究與單一領域觀念下的軟體編寫，從溫室系統的發展而言，尙需包含溫室管理人員經驗與植物生理研究人員的共同參與。

2. 單元化精密溫室

單元化精密溫室設計構想如圖二所示，其設計系統的規劃可由下面幾個方向說明：

單元溫室結構主體



圖二、單元化精密溫室設計圖示

a.單元溫室結構設計：依系統控制能力與市場調查結果，設計適當規格尺寸之單元溫室結構體。採類似組合屋形式，將結構所需之零件部份標準化，使能進行多種組合的需求。同時結構體各零件規格統一，便於工業化生產。如此，結構樑柱部份便可如積木般，視設施空間大小與需求，組合成所需形式。披覆材料則可視需求而變換，不必建設固定RC建物，以節省硬體成本與空間需求。溫室內配線管路及安裝固定座，可視日後需要，於結構物設計時便

預留可能之擴充需求。

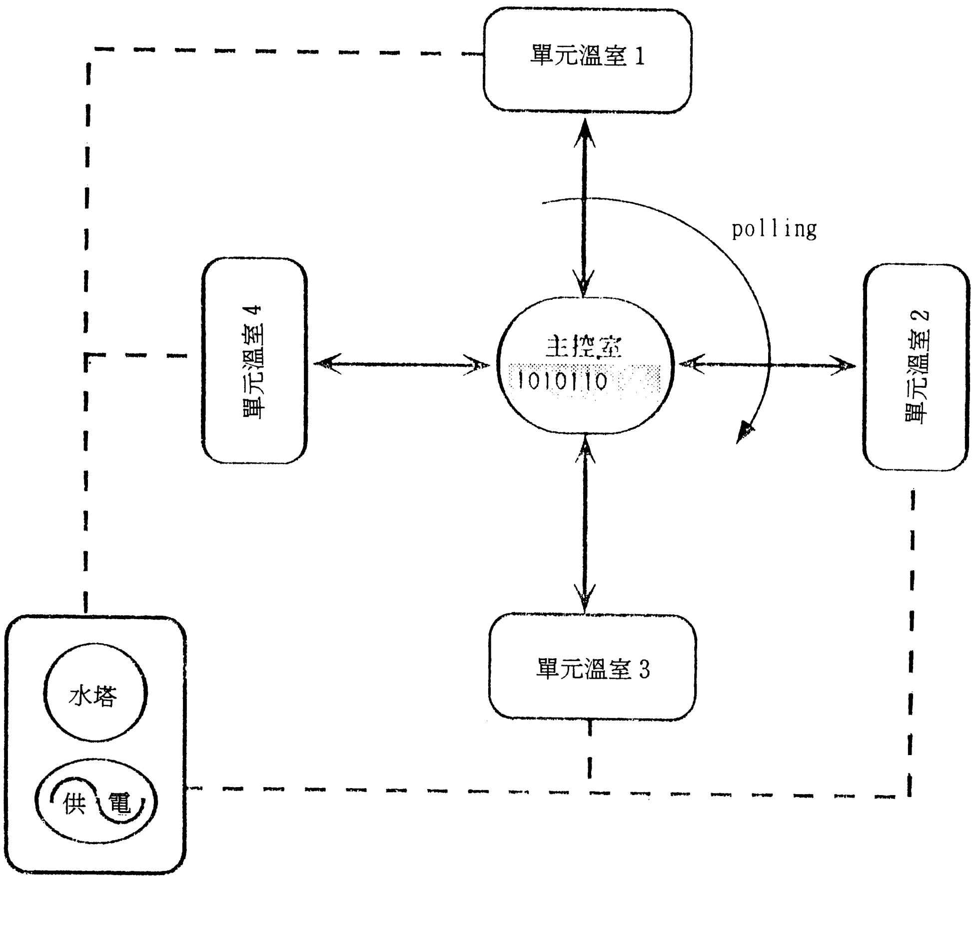
b.溫室機電設備：利用現有之自動化工業產品爲設計元件。目前國內自動化元件產品，多已進入可程式化的智慧型元件層次，在輸出控制元件上，可考慮選擇這類產品作爲系統組成元件。部份缺乏此類功能的元件，可先改良其控制方式，使能利用電子訊號對其進行控制。圖中預留序控接座部份，則是提供一可程式化的輸出控制，便於試驗設計之需，可考慮選擇市場上可程式化之控制器成爲組合元件。

c.溫室感測設備：利用現有之感測器記錄系統爲設計元件。由於在試驗過程當中，所使用的儀器精密度及穩定性，關係到記錄數據的正確性，會直接影響日後的試驗結果解釋。同時在一篇科學論文提出時，對其所使用的儀器設備，試驗過程方法，均需符合公認標準，如此試驗結果才能被大家所接受。所以對感測系統部份，如採用現有之商品組件，除可省卻自行開發感測系統之費用外，後續所需投入之感測器及相關介面組件校準與維護的儀器設備經費亦可節省。圖二顯示各單元溫室配備爲一完整感測系統，其優點在於減少感測器因配線關係，使用較長延長訊號線的可能性，以減少雜訊產生。同時各單元溫室間的配線形式有一標準，容易控制各單元溫室的品質特性。另一項優點爲，資料記錄器現場類比／數位訊號轉換與預處理工作，除減輕主控系統的工作負擔，尙可提供一資料暫存緩衝區，增加試驗記錄資料的保全性。

d.資料傳送：圖二之可線上讀取之輸出入埠，爲提供各單元溫室與電腦主機間連線之用。爲考慮主機與單元間連線距離與可遙控的特性，單晶片微電腦（single-chip microcomputer）的選用爲一可行方案。因其可提供串列式的資料傳送，適合長距離的資料傳

送，而其本身所俱有的特性，即可擔任智慧型終端機的角色。

e.系統整合：從上述構想中可發現，其間最大的問題在於模組與模組（module-to-module）之間的通訊處理，即busing techniques的問題，如何應用軟硬體技術，解決系統主機與各單元間的通訊，與全系統穩定的水電供應設施，將是系統成功的關鍵。



圖三、單元化精密溫室組合連接圖例

圖三是全系統組合情況的圖例，各單元設置的個數可視實際應用

之需而定。主控室因單元與控制主機間遙控連線的功能，故可由現有房舍中安裝即可。各單元與主機由串列介面連接，同時因單元的模組化設計及資料預處理之緩衝暫存功能，使得全系統的擴充極為容易，而且全系統分散式的處理功能，增加系統安全性，避免當機癱瘓的發生，符合了前述軟硬體系統分層設計目標。

四、結　　論

自動化的發展，是為了適應多種不同的目的需求，其最大特點即在於彈性的控制，除硬體上擴充功能的預留設計外，相對配合的軟體規劃，更是其精神所在。

在硬體上所强調的是標準模組，例如感測器的種類雖有不同，但是仍可歸類成電壓、電流、脈沖或磁感應等的訊號輸出形式。其間驅動線路或有不同，但於數位轉換電路設計上已可提供標準模組。控制軟體設計與硬體關係密切，硬體的模組層次反應在軟體上的結構化程式設計。硬體上各輸出入埠的屬性，需靠軟體設定，以應付不同的訊號形態，所以硬體架構設置完成後，必須能自行掌握控制軟體系統之自主與獨立發展特性，如此方能發揮自動化的彈性化與專屬化的特性。

軟體程式編寫除須與硬體特性相配合外，另一重點在於控制模式的決定。不同的控制觀念產生不同的控制理論，不同的控制理論設計出不同的軟體程式。模糊控制在非線性系統上的適用性，值得應用在溫室環控的設計上，也正因其 free model的特性，反而增加了它的普適性。

自動控制是自動化觀念的具體表現，有了正確的自動化觀念，才能有符合自動化精神的作業，所以產業自動化的建立，在於自動化觀念的普及與否，以及各領域間均衡的觀念發展，與加强系際或各專業領域間的合作，使日後自動化成果更見成效，自動化成果的推展上更

容易。

五、參考資料

1.中國生產力中心編譯。1992。Fuzzy控制。全華科技圖書股份有限公司，台北。

2.王鼎盛。1988。設施園藝設計手冊。台灣大學農業設施研究室297-305 頁。

3.馮德益、樓世博。1991。模糊數學方法與應用。科技圖書股份有限公司，台北。

4.梁亞忠、郭幸榮。1991。林業溫室條件序控系統之研究。台大實驗林研究報告 5(2):17-30。

5.蓋壚。1991。實用模糊數學。亞東書局，台北。